



گزینه ۲

۱

$$900 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 50 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$460 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{46 \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 10 \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

ابتدا مقدار گرمایی را که ۹۰۰ گرم آب باید دریافت کند تا دمای آن به اندازه 2°C بالاتر برود، حساب می‌کنیم:

$$q_{\text{H}_2\text{O}} = nC_{\text{H}_2\text{O}}\Delta T \Rightarrow q_{\text{H}_2\text{O}} = 50 \times 75 \times 2 = 7500 \text{ J}$$

اکنون حساب می‌کنیم اگر به جای آب، ۴۶۰ گرم اتانول (معادل ۱۰ مول) با دمای اولیه 20°C ، این مقدار گرما را دریافت کند، دمای آن چند درجه سلسیوس تغییر می‌کند:

$$q = nC_{\text{اتانول}}\Delta T \Rightarrow 7500 = 10 \times 110 \times \Delta T \Rightarrow \Delta T = 6/8^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 \Rightarrow 6/8 = T_2 - 20 \Rightarrow T_2 = 26/8$$

بنابراین دمای پایانی گرماسنج به $26/8^\circ\text{C}$ می‌رسد.

گزینه ۱

۲

موارد (الف) و (ب) درست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

(الف) درست. ظرفیت گرمایی یک نمونه ماده به جرم آن وابسته است، درحالی‌که ظرفیت گرمایی ویژه، مستقل از جرم ماده است و همواره به ازای یک گرم از ماده محاسبه می‌شود.

(ب) درست.

(پ) نادرست. این واکنش به دلیل تأمین شرایط بهینه برای انجام آن، بسیار دشوار و پرهزینه است.

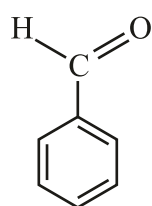
(ت) نادرست. تغییر آنتالپی هر واکنش در فشار ثابت (نه در حجم ثابت!)، برابر با مقدار گرمایی است که سامانه واکنش با محیط مبادله می‌کند.

در معادله موازنه شده واکنش، ضریب متان برابر با ۱ است؛ بنابراین سرعت مصرف این ماده با سرعت متوسط واکنش برابر خواهد بود.

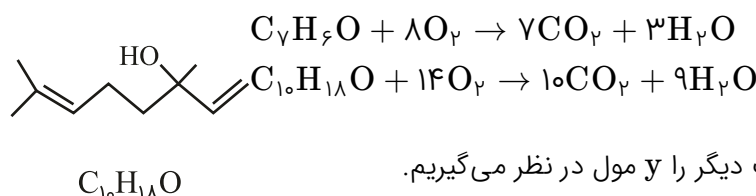
$$\frac{\bar{R}_{100-150}}{\bar{R}_{F00-100}} = \frac{\frac{\Delta[CH_4]}{\Delta t}}{\frac{\Delta[CH_4]}{\Delta t}} = \frac{\frac{0/0741 - 0/082}{50}}{\frac{0/017 - 0/043}{400}} = \frac{-0/0079}{-0/026}$$

$$\Rightarrow \frac{\bar{R}_{100-150}}{\bar{R}_{F00-100}} = 2/43$$

معادله سوختن هر دو ترکیب را می‌نویسیم:



بنزآلدهید (C_7H_6O)



$C_{10}H_{18}O$

مقدار بنزآلدهید را x مول و ترکیب دیگر را y مول در نظر می‌گیریم.

$$CO_2 = x \text{ mol } C_7H_6O \times \frac{7 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_7H_6O} = 7x \text{ mol } CO_2$$

$$CO_2 = y \text{ mol } C_{10}H_{18}O \times \frac{10 \text{ mol } CO_2}{1 \text{ mol } C_{10}H_{18}O} = 10y \text{ mol } CO_2$$

$$H_2O = x \text{ mol } C_7H_6O \times \frac{3 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_7H_6O} = 3x \text{ mol } H_2O$$

$$H_2O = y \text{ mol } C_{10}H_{18}O \times \frac{9 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } C_{10}H_{18}O} = 9y \text{ mol } H_2O$$

$$\begin{cases} 7x + 10y = 9/4 \\ 3x + 9y = 7/8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -3(7x + 10y = 9/4) \\ 7(3x + 9y = 7/8) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -21x - 30y = -27/4 \\ 21x + 63y = 56/8 \end{cases}$$

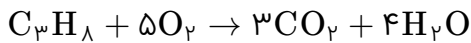
$$\Rightarrow 33y = 26/4 \Rightarrow y = 0/8 \text{ mol}$$

تعداد مول ترکیب دوم $0/8$ است.

$$7x + 10y = 9/4 \Rightarrow 7x + 10(0/8) = 9/4 \Rightarrow 7x = 1/4 \Rightarrow x = 0/2 \text{ mol}$$

تعداد مول بنزآلدهید $0/2$ است.

$$\text{درصد مولی بنزآلدهید} = \frac{0/2}{0/2 + 0/8} \times 100 = 20\%$$



$$\frac{3}{5} L \text{ فرآورده} \times \frac{1 L \text{ پروپان}}{7 L \text{ فرآورده}} = \frac{3}{7} L \text{ پروپان} \times \frac{1 \text{ mol}}{44 L} = \frac{1}{50} \text{ mol}$$

$$\Delta H = \frac{-42 \text{ kJ}}{\frac{1}{50} \text{ mol}} = -2100 \text{ kJ}$$

چون به طور کامل واکنش داده‌اند و چیزی باقی نمانده است پس به نسبت استوکیومتری بوده‌اند. (یک لیتر پروپان با ۵ لیتر اکسیژن واکنش داده است)

$$\frac{1}{6} \times 100 = 16/6$$

(بدون محاسبه قسمت اول هم می‌توانستیم جواب تست را مشخص کنیم)

مقدار گرمای آزادشده از حل شدن ۲ گرم کلسیم کلرید که سبب می‌شود دمای آب افزایش یابد برابر است با:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow Q = 50 \text{ g} \times 4/2 \text{ J.g}^{-1}.\text{C}^{-1} \times 7/1 \text{ C} = 1491 \text{ J} = 1/49 \text{ kJ}$$

گرمای انحلال مولی کلسیم کلرید برابر است با:

$$? \text{ kJ.mol}^{-1} = \frac{1/491 \text{ kJ}}{2 \text{ g}} \times \frac{111 \text{ g CaCl}_2}{1 \text{ mol CaCl}_2} = 82/75 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

پاسخ بخش اول مسئله:

با استفاده از قانون هس، ΔH واکنش داده‌شده را حساب می‌کنیم:

$$\frac{1}{2} \times \text{معادله اول} : H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O, \quad \Delta H^\circ_1 = \frac{1}{2}(-572) = -286 \text{ kJ}$$

$$\frac{1}{2} \times \text{معادله دوم} : H_2O_2 \rightarrow H_2O + \frac{1}{2} O_2, \quad \Delta H^\circ_2 = \frac{1}{2}(-190) = -95 \text{ kJ}$$

$$\text{معادله سوم بدون تغییر} : C_6H_6O_2 \rightarrow C_6H_4O_2 + H_2, \quad \Delta H^\circ_3 = +116 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 \Rightarrow \Delta H = -286 - 95 + 116 = -265 \text{ kJ}$$

پاسخ بخش دوم مسئله:

$$\begin{aligned} ? \text{ g CO}_2 &= 100 \text{ mL H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \times \frac{1 \text{ L}}{10^3 \text{ mL}} \times \frac{2/5 \text{ mol H}_2\text{O}_2}{1 \text{ L H}_2\text{O}_2(\text{aq})} \times \frac{265 \text{ kJ}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2(\text{s})}{50 \text{ kJ}} \\ &\times \frac{44 \text{ g CO}_2(\text{s})}{1 \text{ mol CO}_2(\text{s})} = 58/3 \text{ g} \end{aligned}$$

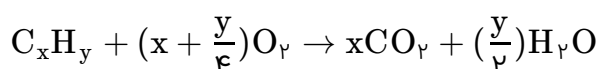
باتوجه به مقدار دانسیته آب، وزن آب برابر با ۱۱۲۵۰ گرم خواهد شد. گرمای لازم برای به جوش آوردن این آب برابر است با:

$$q = mc\Delta\theta = 11250 \times 4 \times (100 - 20) = 3600000 \text{ J} = 3600 \text{ kJ}$$

باتوجه به اینکه ۲۰٪ از گرمای سوختن آلکان به هدر رفته، می‌توان گفت ۳۶۰۰ کیلوژول معادل ۸۰٪ گرمای سوختن آلکان است؛ بنابراین گرمای سوختن آلکان برابر خواهد بود با:

$$3600 \text{ kJ} \times \frac{100}{80} = 4500 \text{ kJ}$$

از برابری گرمای سوختن آلکان و آنتالپی سوختن معلوم می‌شود یک مول آلکان در واکنش سوختن شرکت داشته است. فرمول سوختن آلکان‌ها به صورت زیر است:



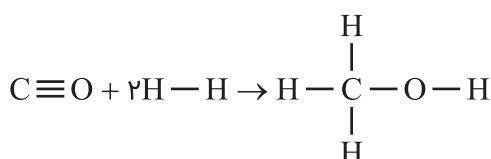
باتوجه به مقدار گرمای آزاد شده به ازای یک مول کربن دی‌اکسید طی این واکنش می‌توان تعداد کربن موجود در آلکان را به دست آورد.

$$\frac{4500}{643} = 7$$

تنها آلکان موجود در گزینه دوم دارای ۷ عدد کربن است.

با در نظر گرفتن فرمول ساختاری مولکول‌های مواد واکنش‌دهنده و فراورده و باتوجه به فرمول زیر، ΔH واکنش را حساب می‌کنیم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \left[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده} \right] - \left[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده} \right]$$



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{واکنش}} &= [\Delta H_{(C \equiv O)} + 2\Delta H_{(H-H)}] - [3\Delta H_{(C-H)} + \Delta H_{(C-O)} + \Delta H_{(O-H)}] \\ &= [1075 + 2(436)] - [3(414) + 351 + 464] = -110 \text{ kJ} \end{aligned}$$

ماده‌ای که ظرفیت گرمایی ویژه بالایی دارد، با جذب گرمای مشخص، دمای آن به مقدار کمتری بالا خواهد رفت. هلیوم بالاترین ظرفیت گرمایی ویژه و کمترین تغییر دما را خواهد داشت.
سوختن ۱ مول متان ۸۹۰ kJ و سوختن ۵/۰ مول از آن ۴۴۵ kJ یا ۴۴۵۰۰۰ J گرما آزاد می‌کند:

$$q = mc\Delta T$$

$$۴۴۵۰۰۰ = ۱۰۰۰ \times ۵/۲ \times \Delta T$$

$$\Delta T = ۸۵/۶^\circ \text{C}$$

معادله موازنه‌شده واکنش به صورت زیر است:



با استفاده از مقدار مول پتاسیم کلرید، مول تجزیه‌شده پتاسیم کلرات را محاسبه می‌کنیم:

$$? \text{ mol KClO}_3 = ۱/۲ \text{ mol KCl} \times \frac{۲ \text{ mol KClO}_3}{۲ \text{ mol KCl}} = ۱/۲ \text{ mol KClO}_3$$

$$R_{\text{KClO}_3} = \frac{۱/۲ \text{ mol}}{۵۰ \text{ s}} \times \frac{۶۰ \text{ s}}{۱ \text{ min}} = ۱/۴۴$$

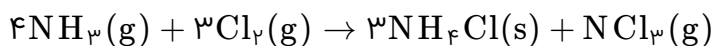
برای محاسبه مدت زمان لازم تا پایان واکنش از سرعت محاسبه‌شده به صورت زیر استفاده می‌کنیم:

$$? \text{ s} = ۴/۹ \text{ g KClO}_3 \times \frac{۱ \text{ mol KClO}_3}{۱۲۲/۵ \text{ g KClO}_3} \times \frac{۱ \text{ min}}{۱/۴۴ \text{ mol KClO}_3} \times \frac{۶۰ \text{ s}}{۱ \text{ min}} = ۱/۶۶ \text{ s}$$

$$\begin{aligned} \text{اتانول تولیدشده در یک ثانیه} &= ۱۴۰۰ \text{ g C}_2\text{H}_6 \times \frac{۱ \text{ mol C}_2\text{H}_6}{۲۸ \text{ g C}_2\text{H}_6} \times \frac{۱ \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}}{۱ \text{ mol C}_2\text{H}_6} \times \frac{۴۶ \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}}{۱ \text{ mol C}_2\text{H}_5\text{OH}} \\ &\times \frac{۱ \text{ ton C}_2\text{H}_5\text{OH}}{۱۰^۶ \text{ g C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times \frac{۸۰}{۱۰۰} = ۱/۸۴ \times ۱۰^{-۳} \text{ ton C}_2\text{H}_5\text{OH} \end{aligned}$$

$$\text{اتانول تولیدشده در یک ساعت} = ۱ \text{ h} \times \frac{۶۰ \text{ min}}{۱ \text{ h}} \times \frac{۶۰ \text{ s}}{۱ \text{ min}} \times \frac{۱/۸۴ \times ۱۰^{-۳} \text{ ton}}{۱ \text{ s}} = ۶/۶۲۴ \text{ ton C}_2\text{H}_5\text{OH}$$

معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر است:



بررسی گزینه‌ها:

گزینه ۱: نمودار مربوط به NCl_3 است. باتوجه به ضرایب استوکیومتری در معادله موازنه شده، اگر تقریباً $0/14$ مول NH_3 مصرف شود، حدود $0/035$ مول NCl_3 تولید خواهد شد.

$$\frac{\Delta n(\text{NCl}_3)}{1} = \frac{\Delta n(\text{NH}_3)}{4} \Rightarrow \Delta n(\text{NCl}_3) = \frac{0/14}{4} = 0/035$$

گزینه ۲: نمودار "مول- زمان" برای واکنش‌دهنده‌ها نزولی است. نمودار نشان داده شده در سؤال صعودی یا افزایشی است و می‌تواند مربوط به یکی از فراورده‌ها باشد.

گزینه ۳: سرعت متوسط تولید NCl_3 را از زمان ۱۰ تا ۲۰ ثانیه حساب می‌کنیم و سپس سرعت مصرف Cl_2 را به دست می‌آوریم:

$$\overline{R}_{\text{NCl}_3} = \frac{0/025 - 0/015}{20 - 10} = 0/001 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\frac{\overline{R}_{\text{Cl}_2}}{3} = \frac{\overline{R}_{\text{NCl}_3}}{1} \Rightarrow \overline{R}_{\text{Cl}_2} = 3 \times 0/001 = 0/003 \text{ mol.s}^{-1}$$

گزینه ۴: ابتدا سرعت تولید NCl_3 و سپس سرعت تولید NH_4Cl را از آغاز تا ثانیه سی‌ام حساب می‌کنیم.

$$\overline{R}_{\text{NCl}_3} = \frac{0/03 - 0}{30 - 0} = 0/001 \text{ mol.s}^{-1}$$

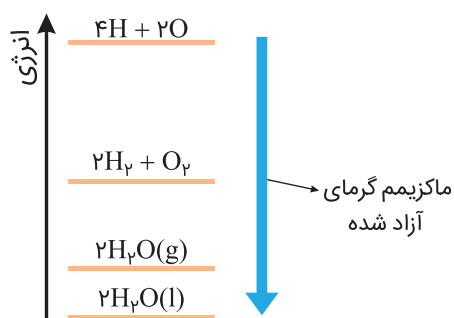
$$\frac{\overline{R}_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{3} = \frac{\overline{R}_{\text{NCl}_3}}{1} \Rightarrow \overline{R}_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 3 \times 0/001 = 3 \times 10^{-3} \text{ mol.s}^{-1}$$

$$q = mc\Delta T$$

$$q = 150 \times 1 \times (21 - 25) = -600 \text{ cal} = -0/6 \text{ kcal}$$

پس به ازای انحلال هر ۵ گرم KNO_3 ، $0/6 \text{ kcal}$ گرما لازم است. می‌توان محاسبه کرد که برای انحلال ۱ مول از این ماده چند kcal گرما لازم است.

$$? \text{ kcal} = 1 \text{ mol KNO}_3 \times \frac{101 \text{ g KNO}_3}{1 \text{ mol KNO}_3} \times \frac{0/6 \text{ kcal}}{5 \text{ g KNO}_3} = 12/12 \text{ kcal}$$



فرمول مولکولی ترکیب (A)، $C_6H_{12}O$ و ترکیب (B)، $C_5H_{12}O$ است که ایزومر هم محسوب نمی‌شوند. ترکیب (B) به علت داشتن بخش ناقطبی بزرگ‌تر، آبگریزتر است. در ترکیب (D) بخش قطبی به شدت بزرگ‌تر است.

کلسترول نوعی الکل حلقوی سیرنشده با فرمول مولکولی $C_{27}H_{46}O$ است. به واسطه داشتن یک پیوند دوگانه کربن-کربن، هریک مول از این ترکیب با یک مول H_2 (که در شرایط STP حجمی معادل ۲۲/۴ لیتر اشغال می‌کند) واکنش داده و به یک ترکیب سیرشده تبدیل می‌شوند. ضمناً از آنجا که شعاع اتمی هیدروژن است که از کربن کمتر است، انتظار داریم آنتالپی پیوند $C-H$ از $C-C$ بیشتر باشد؛ بنابراین پیوند اشتراکی $C-C$ آسان‌تر شکسته می‌شود. نکته: به طور کلی هرچه شعاع اتم‌های تشکیل‌دهنده پیوند کوچک‌تر باشد، انرژی لازم برای شکستن آن بیشتر و در نتیجه آنتالپی پیوند بیشتر می‌شود.

عبارت اول، سوم و پنجم نادرست‌اند.

بررسی عبارت‌ها:

عبارت اول: نادرست. کمیت‌هایی مانند تغییر دما (نه دما!) و گرما برای توصیف یک فرآیند به کار می‌روند.

درواقع دما برای توصیف یک نمونه ماده و تغییر دما برای توصیف یک فرآیند به کار می‌رود.

عبارت دوم: درست. نان و سیب‌زمینی هر دو تقریباً از نشاسته تشکیل شده‌اند و سرعت هم‌دما شدن آن‌ها با محیط به میزان آب موجود در آن‌ها بستگی دارد. از آنجا که مقدار آب در نان کمتر از سیب‌زمینی است، بنابراین انتظار داریم تکه نان زودتر با محیط هم‌دما شود.

عبارت سوم: نادرست. در فرآیند گوارش و سوخت‌وساز شیر در بدن، شیر $37^\circ C$ به فرآورده‌هایی با دمای $37^\circ C$ تبدیل می‌شوند. در نتیجه این فرآیند، با وجود ثابت ماندن دما ($37^\circ C$) باز هم میان سامانه (شیر) و محیط پیرامون (بدن) انرژی دادوستد می‌شود. البته در هنگام نوشیدن شیر، ابتدا شیر گرم (مثلاً با دمای $60^\circ C$) به شیر $37^\circ C$ تبدیل می‌شود و مقداری انرژی از دست می‌دهد تا با بدن هم‌دما شود.

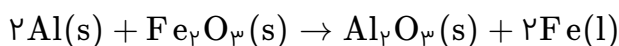
عبارت چهارم: درست.

عبارت پنجم: نادرست. مولکول آب نسبت به آب اکسیژنه (هیدروژن پراکسید)، مولکول بسیار پایدارتری است. به همین دلیل از واکنش مستقیم گاز هیدروژن و اکسیژن آب تولید می‌شود نه آب اکسیژنه.

الف) درست است.

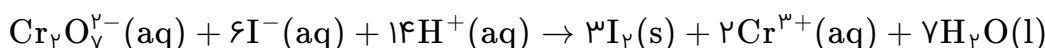
ب) نادرست است. قند موجود در جوانه گندم یا همان مالتوز به فرمول $C_{12}H_{22}O_{11}$ در واکنش با آب به گلوکز ($C_6H_{12}O_6$) تبدیل می‌شود.

پ) نادرست است. گرمای آزاد شده در واکنش ترمیت آن‌چنان زیاد است که می‌تواند Fe را که یکی از فرآورده‌های واکنش است را ذوب کند.



ت) درست است. باتوجه به واکنش داده شده می‌توان نتیجه گرفت که تشکیل ۱ مول HI(g) از عنصرهای سازنده‌اش در دمای اتاق فرآیندی گرماگیر و آنتالپی آن برابر با $26/5 \text{ kJ} = \frac{53}{2}$ است. باتوجه به اینکه سطح انرژی $I_2(g)$ از $I_2(s)$ بالاتر است، پس آنتالپی واکنش تشکیل HI(g) از عنصرهای گازی سازنده‌اش، مقدار مثبت کمتری است.

موازنه می‌کنیم:



باتوجه به معادله موازنه شده در بازه زمانی که ۶ مول I_2 تولید می‌شود، می‌بایست ۱۴ مول H_2O تولید شود.

$$14 \text{ mol } H_2O \times \frac{18 \text{ g}}{1 \text{ mol } H_2O} = 252 \text{ g } H_2O$$

میزان تغییرات جرم H_2O باید ۲۵۲ گرم باشد.

از مقایسه ضرایب مواد در واکنش‌های داده شده با واکنش با ΔH مجهول، می‌توان ضرایب لازم برای واکنش‌ها را مشخص کرد. با اعمال ضرایب و جمع کردن آن‌ها به واکنش نهایی می‌رسیم. البته بهتر است در صورت امکان دنبال گونه‌ای باشیم که تنها در واکنش نهایی و واکنش مورد بررسی وجود داشته باشد.

$TiCl_4$ در واکنش اول در سمت راست و در واکنش نهایی در سمت چپ است، پس ضریب واکنش اول -۱ است.

H_2O در واکنش دوم و واکنش نهایی با ضریب ۲ در سمت چپ است، پس ضریب واکنش دوم ۱ است.

TiO_2 در واکنش سوم در سمت چپ و در واکنش نهایی در سمت راست است، پس ضریب واکنش سوم -۱ است.

HCl در واکنش چهارم با ضریب ۲ در سمت چپ و در واکنش نهایی با ضریب ۴ در سمت راست است. پس ضریب واکنش چهارم -۲ است.

می‌توان ضرایب را در واکنش‌ها ضرب و با هم جمع کنیم تا به واکنش نهایی برسیم ولی جهت مشخص کردن مقدار ΔH کافی است. ضرایب را برای ΔH ها اعمال و سپس با هم جمع می‌کنیم.

$$\Delta H = -a + b - c - 2d$$

البته تعیین دو مورد از موارد بالا مانند سومی و چهارمی نیز برای تعیین جواب نهایی کافی است.

مطابق واکنش به ازای مصرف ۳ مول مخلوط گازی، معادل ۴۸۴ کیلوژول گرما آزاد شده است. به عبارتی برای هر مول گاز (در شرایط استاندارد هر مول گاز ۲۲/۴ لیتر حجم دارد) مقدار ۱۶۱/۳۳ کیلوژول گرما آزاد می‌شود.

$$484 \div 3 = 161/33$$

بنابراین برای مخلوطی به حجم ۷/۵ لیتر از این دو گاز مقدار گرمای آزادشده به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{L}{22/4} \times \frac{kJ}{161/33} \Rightarrow x = 54 kJ$$

روش کسر تبدیل:

$$? kJ = 7/5 L (H_2, O_2) \times \frac{1 \text{ mol}}{22/4 L} \times \frac{484 kJ}{3 \text{ mol } (H_2, O_2)} = 54 kJ$$

گرمای آزادشده در نتیجه واکنش برابر است با:

$$10 \text{ mol } SO_3 \times \frac{228 kJ}{1 \text{ mol } SO_3} \times \frac{1000 J}{1 kJ} = 228 \times 10^4 J$$

این مقدار انرژی صرف بالا رفتن دمای ۱۰/۱۸ کیلوگرم یا ۱۰۱۸۰ گرم آب می‌شود.

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{Q}{mc} = \frac{228 \times 10^4}{10180 \times 4/2} \Rightarrow \Delta\theta = 53/32^\circ C$$

$$\text{افزایش دما در هر دقیقه} = \frac{53/32}{5} = 10/66$$

ابتدا سرعت متوسط واکنش در فاصله زمانی t_2 و t_3 را به دست می‌آوریم.

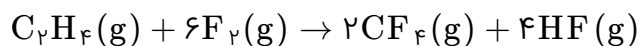
$$\begin{cases} \Delta[A] = \frac{\Delta n_A}{V} = \frac{9 - 12 \times 0/05 \text{ mol}}{4 L} = \frac{-0/15 \text{ mol}}{4 L} \\ \Delta t = 20 \text{ min} \end{cases}$$

$$\overline{R}_{\text{واکنش}} = \overline{R}_A = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{-(-0/15)}{20 \text{ min}} = 1/800 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

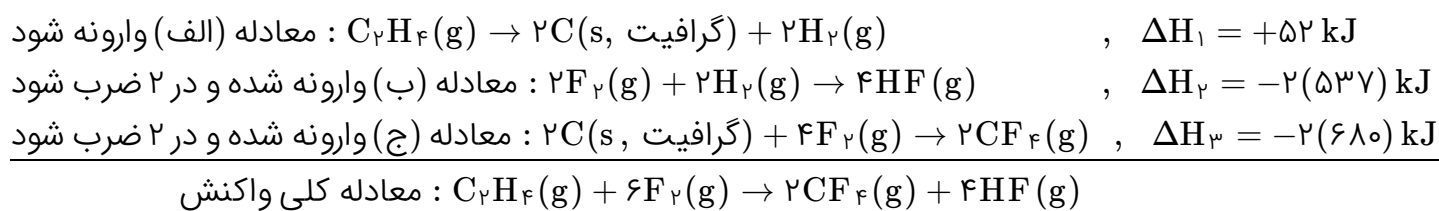
تا اینجا گزینه‌های ۱ و ۴ حذف می‌شوند. با تغییر تعداد گوی‌ها، می‌توان نسبت سرعت متوسط واکنش در بازه زمانی t_2 تا t_3 به سرعت متوسط در بازه زمانی t_3 تا t_4 را به دست آورد.

$$\frac{\overline{R}_{\text{واکنش}}(t_2-t_3)}{\overline{R}_{\text{واکنش}}(t_3-t_4)} = \frac{\overline{R}_A(t_2-t_3)}{\overline{R}_A(t_3-t_4)} = \frac{9-12}{7-9} = 1/5$$

معادله موازنه شده واکنش، به صورت زیر است:



اکنون باتوجه به معادله های داده شده در صورت سؤال و استفاده از قانون هس، ΔH واکنش فوق را به دست می آوریم:



$$\Delta H_{\text{واکنش}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 \Rightarrow \Delta H_{\text{واکنش}} = 52 - 1074 - 1360 = -2382 \text{ kJ}$$